

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Pengertian Air dan Air Bersih**

Air merupakan kebutuhan yang penting bagi kehidupan manusia. Manusia tidak dapat melanjutkan kehidupannya tanpa penyediaan air yang cukup dalam segi kuantitas dan kualitasnya. Air digunakan untuk berbagai macam kebutuhan seperti domestik, industri, dan untuk lingkungan. Penyediaan air yang direncanakan dengan baik secara sistematis dan teknis menjadi syarat mutlak bagi pembangunan masyarakat. Pengembangan dan pengolahan sumber daya air merupakan dasar kehidupan manusia (Dua, 2009).

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan manusia untuk memenuhi standar kehidupan manusia secara sehat. Ketersediaan air yang terjangkau dan berkelanjutan menjadi bagian terpenting bagi setiap individu baik yang tinggal di perkotaan maupun di pedesaan. Air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum.

Pengertian air bersih menurut Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah di masak.

#### **2.2. Sumber-Sumber Air**

##### **1. Air laut**

Mempunyai sifat asin karena mengandung garam NaCl. Kadar garam dalam air laut kurang lebih 3% (30.000 ppm). Dengan keadaan ini maka air laut tak memenuhi syarat untuk air minum apabila belum diolah terlebih dahulu. Air laut jarang digunakan sebagai air baku untuk air minum karena pengolahan untuk menghilangkan kadar garamnya membutuhkan biaya yang cukup besar.

## 2. Air atmosfer

Air atmosfer adalah air yang dalam keadaan murni sangat bersih tetapi karena adanya pengontrolan udara yang disebabkan oleh kotoran-kotoran dan debu, maka untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat awal hujan turun karena masih banyak kotoran. Disamping itu, air hujan mempunyai sifat agresif terutama pada pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi. Air hujan memiliki sifat lunak sehingga akan boros dalam pemakaian sabun.

## 3. Air permukaan

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 air permukaan adalah air baku yang berasal dari sungai aliran irigasi, waduk kolam. Air permukaan juga merupakan air hujan yang mengalir dipermukaan bumi. Pada umumnya air ini akan mengalami pengotoran selama pengalirannya. Beban pengotoran ini untuk masing-masing air permukaan akan berada tergantung daerah pengaliran air permukaan. Macam-macam air permukaan antara lain :

### 1) Air sungai

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 umumnya memerlukan pengolahan untuk menghasilkan air minum, sehingga sumber air sungai baru dapat diperbandingkan dengan mata air, hanya apabila lokasi bangunan penyadapan (intake) terletak dekat dengan daerah pelayanan.

Dalam penggunaannya sebagai air minum haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air mempunyai derajat pengotoran yang tinggi. Air sungai merupakan penampungan dari berbagai jenis limbah yang terdapat disekitarnya baik itu limbah domestik maupun limbah industri. Sungai yang telah tercemar oleh limbah industri yang berat akan sulit diolah serta membutuhkan proses yang lebih kompleks.

## 2) Air rawa

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 pengisiannya (inflow) umumnya berasal dari satu atau beberapa sungai. Alternatif sumber rawa dapat diperbandingkan dengan air permukaan sungai apabila volume air rawa jauh lebih besar dari sungai-sungai yang bermuara kedalamanya, sehingga waktu tinggal lama (long detention time) dari aliran sungai ke danau masih menghasilkan suatu proses penjernihan alami (self purification).

Pada umumnya air rawa berwarna, karena adanya zat-zat organik yang telah membusuk. Dengan banyaknya zat organik menyebabkan kadar  $O_2$  yang terlarut dalam air sedikit sehingga kadar Fe dan Mn yang terlarut dalam air menjadi tinggi. Pada permukaan air ini akan tumbuh *alga* (lumut) karena adanya sinar matahari dan  $O_2$ , maka untuk mengambil air ini sebaiknya pada bagian tengah agar endapan-endapan Fe dan Mn serta lumut tidak terbawa.

## 3) Air tanah

Menurut Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia No. 16 Tahun 2005 penggunaan air tanah untuk air baku merupakan pilihan setelah air permukaan sudah tidak mencukupi. Penggunaan air tanah untuk air baku tidak dibenarkan adalah jumlah yang melebihi kemampuan alam mengisinya kembali (*natural recharge*). Dalam keadaan yang memaksa, apabila diperkirakan terjadi pengambilan air tanah untuk air baku melebihi kemampuan *natural recharge*, penyelenggara diwajibkan mengisi air tanah dengan air bersih (*refill*) atas biaya penyelenggaraan sehingga tidak terjadinya kerusakan lingkungan berupa penurunan muka air tanah asli. Penurunan muka air tanah dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang tidak mungkin bisa diperbaiki, yaitu antara lain : intruksi air laut kedalam air tanah dan turunnya permukaan tanah. Air tanah banyak mengandung garam dan mineral yang terlarut pada waktu air melalui lapisan-lapisan tanah, air

tanah tersebut berada di bawah permukaan tanah dengan demikian air tanah tersebut bebas terhadap polusi. Bila di lihat dari kedalamannya, air tanah terbagi menjadi:

a. Air tanah dangkal

Terjadinya karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian juga dengan sebagian bakteri sehingga air tanah ini akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat-zat kimia (garam-garam terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah disini berfungsi sebagai saringan. Selain penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung terutama pada permukaan air yang dekat permukaan tanah. Setelah menemukan lapisan rapat air, air yang akan terkumpul merupakan air tanah dangkal dimana air ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 air tanah dangkal adalah air tanah dengan kedalaman muka air kurang atau sama dengan dua puluh meter.

b. Air tanah dalam

Setelah lapisan rapat air yang pertama. Untuk mengambil air ini diperlukan bor karena kedalamannya yang cukup dalam (100-300 m). Jika tekanan air tanah ini besar maka air akan menyembur kepermukaan sumur. Sumur ini disebut sumur atesis. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya maka diperlukan pompa. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 air tanah dalam adalah yang terdapat di dalam tanah kedalaman muka airnya lebih besar dari dua puluh meter atau air tanah yang terdapat di dalam akifer tertekan dimana akifer ini berada dalam kedalaman lebih dari dua puluh meter.

c. Mata air

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 mata air sering dijumpai mengandung CO<sub>2</sub> agresif yang tinggi yang walaupun tidak banyak berpengaruh pada kesehatan tetapi cukup berpengaruh pada bahan pipa (bersifat korosif).

Mata air merupakan air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak dapat dipengaruhi oleh musim dan kuantitas serta memiliki kualitas yang sama dengan air tanah dalam. Dalam segi kualitasnya mata air sangat baik untuk digunakan menjadi sumber air baku, karena berasal dari dalam tanah dan muncul ke permukaan tanah sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat tercemar.

### 2.3. Persyaratan Kualitas Air Minum

Berdasarkan SK Menkes RI No. 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum sebagai berikut :

1. Persyaratan bakteriologis

Persyaratan bakteriologis adalah jumlah maksimum *ecercia coli* atau fecal coli dan total bakteri coliform per 100 ml sampel.

2. Persyaratan kimiawi

Tidak adanya kandungan unsur kimia yang berbahaya bagi manusia, bahan-bahan kimia yang termasuk dalam parameter ini adalah bahan-bahan organik, anorganik, pestisida, serta desinfektan.

3. Persyaratan radioaktiv

Persyaratan radioaktivitas membatasi kadar maksimum aktivitas alfa dan beta yang diperbolehkan terdapat dalam air minum.

4. Persyaratan fisik

Parameter dalam persyaratan fisik untuk air minum yaitu, warna, rasa, bau, temperatur, serta kekeruhan.

Tabel 2.1 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alamiahnya
Residu Terlarut	mg/ L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/ L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/ L
KIMIA ORGANIK						
Ph		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah.
BOD	mg/ L	2	3	6	12	
COD	mg/ L	10	25	50	100	

Lanjutan 1 ...

Do	mg/ L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat	mg/ L	0,2	0,2	1	5	
NO 3 sebagian N	mg/ L	10	10	20	20	
NH3-N	mg/ L	0,5	-	-	-	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH3
Arsen	mg/ L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/ L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/ L	1	-	-	-	
Boron	mg/ L	1	1	1	1	
Selenium	mg/ L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/ L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/ L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/ L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu $\leq 1$ mg/L
Besi	mg/ L	0,3	-	-	-	Bagi pengolahan air minum secara

Lanjutan 2 ...

						konvensional, $\text{Fe} \leq 5 \text{ mg/L}$
Timbal	mg/ L					Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Pb} \leq 0$ ,
Mangan	mg/ L	0,1	-	-	-	
Air Raksa	mg/ L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/ L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Zn} \leq 5 \text{ mg/L}$
Khlorida	mg/ L	600	-	-	-	
Sianida	mg/ L	0,02	0,02	0,02	-	
Flourida	mg/ L	0,5	0,5	1,5	-	
Nitrit sebagai N	mg/ L	0,06	0,06	0,06	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{NO}_2\text{-N} \leq 1 \text{ mg/L}$
Sulfat	mg/ L	400	-	-	-	
Khlorin bebas	mg/ L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan



Lanjutan 3 ...

Belerang sebagai H <sub>2</sub> S	mg/ L	0,002	0,002	0,002	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, s sebagai H <sub>2</sub> S ≤ 0,1 mg/L
-Fecal Coliform	Jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100 ml
Total Coliform	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
<b>RADIOAKTIVITAS</b>						
-Gros-A	Bq /L	0,1	0,1	0,1	0,1	
-Gros-B	Bq /L	1	1	1	1	
<b>KIMIA ORGANIK</b>						
Minyak dan Lemak	ug /L	1000	1000	1000	-	
Detergen sebagai	ug /L	200	200	200	-	

Lanjutan 4 ...

MBAS						
Senyawa Fenol	ug /L	1	1	1	-	
Sebagai Fenol	ug /L					
BHC	ug /L	210	210	210	-	
Aldrin/ Dieldrin	ug /L	17	-	-	-	
Chlordane	ug /L	3	-	-	-	
DDT	ug /L	2	2	2	2	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	ug /L	18	-	-	-	
Lindane	ug /L	56	-	-	-	
Methoxyclor	ug /L	35	-	-	-	
Endrin	ug /L	1	4	4	-	
Toxaphan	ug /L	5	-	-	-	

(Sumber : Kepmenkes RI No. 907/Menkes/SK/VII/2002)

Keterangan :

Mg	= miligram
Ug	= mikrogram
ml	= milite
L	= liter
Bq	= Bequerel
MBAS	= Methylene Blue Active Substance
ABAM	= Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut. Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO. Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum. Nilai DO merupakan batas minimum.

#### **2.4. Persyaratan Kuantitas**

Setelah persyaratan kualitas terpenuhi maka air bersih juga harus mampu melayani daerah pelayanan banyaknya penduduk yang ada dalam suatu wilayah harus bisa terpenuhi secara kuantitasnya. Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kabutuhan sesuai dengan kebutuhan wilayah penduduk yang akan dilayani. Kebutuhan debit air bersih masyarakat bervariasi tergantung pada letak geografisnya, kontur, serta letak dataran tinggi dan dataran rendahnya. Standar kebutuhan air diperhitungan berdasarkan pemakaian air bersih dalam kehidupan sehari-hari bagi para konsumen. Kuantitas air bersih harus dapat di maksimalkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih untuk sekarang dan masa mendatang.

Secara umum penyediaan air bersih adalah berasal dari sumber air permukaan atau air dalam tanah. Untuk wilayah kota Palembang, sumber penyediaan air bersih yang dikelola oleh PDAM berasal dari air permukaan (Sungai Musi). Dimana kuantitas air yang berasal dari air permukaan ini mencukupi untuk didistribusikan. Kuantitas atau jumlah air yang mengalir dari pusat distribusi

sangatlah penting dalam merencanakan jaringan distribusi. Karena tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi adalah agar kebutuhan masyarakat akan tersedianya air bersih dapat terlayani dengan baik. Untuk itu hal-hal yang dapat mengurangi jumlah air yang didistribusi antara lain disebabkan oleh banyaknya sambungan pipa dan panjangnya pipa sedapat mungkin dihindarkan.

. Untuk membuktikan kondisi tersebut menggunakan rumus kontinuitas :

$$Q_1 = Q \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2 \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$$Q_1 = \text{Debit 1 (m}^3/\text{detik)}$$

$$Q_2 = \text{Debit 2 (m}^3/\text{detik)}$$

$$A_1 = \text{Luas penampang 1 (m}^2\text{)}$$

$$A_2 = \text{Luas penampang 2 (m}^2\text{)}$$

$$v_1 = \text{Kecepatan rata-rata 1 (m/detik)}$$

$$v_2 = \text{Kecepatan rata-rata 2 (m/detik)}$$

Pemakaian air oleh suatu masyarakat bertambah besar dengan kemajuan masyarakat tersebut, sehingga pemakain air sering kali dipakai sebagai salah satu tolak ukur tinggi rendahnya kemajuan suatu masyarakat.

## 2.5. Sistem Penyediaan Air

Menurut Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia No. 16 Tahun 2005 sistem penyediaan air minum (SPAM) sebagai salah satu pemanfaatan sumber daya air dan pengolahan sanitasi sebagai salah satu bentuk perlindungan dan pelestarian terhadap sumber daya air, perlu dilaksanakan oleh pemerintah daerah seperti yang diamanatkan dalam pasal 40 undang-undang nomor 7 tahun 2004 tentang sumber daya air.

Sistem penyediaan air yang mampu menyediakan air dengan jumlah yang cukup merupakan hal penting bagi kota yang maju. Tujuan terpenting dari sistem

penyediaan air adalah menyediakan air bersih kepada pelanggan secukupnya, dengan menyediakan air minum yang kualitasnya baik merupakan prioritas utama.

Untuk mengalirkan penyediaan air kepada konsumen dengan kualitas, kuantitas, dan tekanan yang cukup memerlukan sistem perpipaan yang baik, reservoir, pompa, dan peralatan yang lain. Metode dari pendistribusian air tergantung pada topografi dari sumber air dan posisi para konsumen berada. Metode pendistribusian adalah suatu proses pendistribusian air ke konsumen dengan berbagai tujuan tergantung dari kondisi lokal dan lainnya. Sedangkan daftar persyaratan kualitas air bersih dapat dilihat pada Tabel 2.2.

## **2.6. Penggunaan dan Jumlah Air**

Penggunaan air dari kota ke kota berbeda-beda dipengaruhi oleh cuaca, penduduk, industri, dan ciri-ciri masalah lingkungan hidup. penggunaan air juga dapat berubah dari musim ke musim, hari ke hari, dan jam ke jam.

### **2.6.1. Penggunaan air**

Untuk kota dapat dibagi untuk beberapa kategori antara lain :

#### **1. Penggunaan rumah tangga**

Adalah air yang dipergunakan ditempat-tempat pribadi, rumah, apartemen, dan sebagiannya untuk minum, mandi, penyiraman tanaman serta tujuan lainnya.

#### **2. Penggunaan komersial dan industri**

Adalah air yang digunakan oleh badan-badan komersial dan industri.

#### **3. Penggunaan umum**

Meliputi air yang dibutuhkan untuk pemakaian ditempat umum, bangunan pemerintah, sekolah, rumah sakit, dan umum.

Tabel 2.2 Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
A. Fisika				
1	Bau	-	-	Tidak Berbau
2	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	Mg/l	1000	-
3	Kekeruhan	Skala NTU	5	-
4	Rasa	-		Tidak Berasa
5	Suhu	0°C	Suhu Udara 3°C	-
6	Warna	Skala TCU	15	-
B. Kimia				
a. Kimia anorganik				
1	Air raksa	mg/l	0,001	-
2	Arsan	mg/l	0,05	-
3	Besi	mg/l	1,0	-
4	Flourida	mg/l	1,5	-
5	Kadmium	mg/l	0,005	-
6	Kesadanan (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	500	-
7	Klorida	mg/l	600	-
8	Kronium, valensi 6	mg/l	0,05	-
9	Mangan	mg/l	0,5	-
10	Nitrat, sebagai N	mg/l	10	-
11	Nitrit, sebagai N	mg/l	1,0	-
12	pH	mg/l	0,05	-

Lanjutan 1 ...

13	Selenium	mg/l	0,01	-
14	Seng	mg/l	15	-
15	Sianida	mg/l	0,1	-
16	Sulfat	mg/l	400	-
17	Timbal	mg/l	0,05	-
b. Kimia organik				
1	Aldrin dandiieldrin	mg/l	0,0007	-
2	Benzene	mg/l	0,01	-
3	Benzo (a) pyrene	mg/l	0,00001	-
4	Chloroform (total isomer)	mg/l	0,007	-
5	Chloroform	mg/l	0,03	-
6	2,4-D	mg/l	0,10	-
7	DDT	mg/l	0,03	-
8	Detergen	mg/l	0,5	-
9	1,2-Dichloroethene	mg/l	0,01	-
10	1,1-Dichloroethene	mg/l	0,0003	-
11	Heptachlor dan Heptachlor epoxide	mg/l	0,003	-
12	Hexachlorobenzene	mg/l	0,00001	-
13	Gamma-HCH (Lindane)	mg/l	0,004	-
14	Methoxychlor	mg/l	0,10	-
15	Pentachloropenol	mg/l	0,01	-
16	Pestisida total	mg/l	0,10	-
17	2,4,6-trichlorophenol	mg/l	0,01	-
18	Zat organik (Kmn04)	mg/l	10	-

Lanjutan 2 ...

C. Mikrobiologik				
1	Total koliform (MPN)	Jumlah per 100 ml	0	Buka air pipa
2	Koliform tinja belum diperiksa	Jumlah per 100 ml	0	Buka air pipa
D. Radio aktivitas				
1	Aktivitas Alpha ( <i>Gross Alpha Activity</i> )	Bq/l	0,1	-
2	Aktivitas Beta ( <i>Gross Beta Activity</i> )	Bq/l	1,0	-

(Sumber: Permenkes RI No: 416/MENKES/PER/IX/1990 Lampiran II)

### 2.6.2. Pemakaian air

Untuk mengetahui kebutuhan air bersih di wilayah pelayanan perlu diketahui standar yang dipakai, fasilitas yang akan dilayani baik kebutuhan Domestik maupun Non Domestik, serta proyeksi perkembangan fasilitas-fasilitas tersebut.

#### 1. Kebutuhan air domestik

Air domestik adalah air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga. Kebutuhan domestik ditentukan oleh adanya konsumen domestik, yang berasal dari data penduduk, pola kebiasaan dan tingkat hidup yang didukung adanya perkembangan sosial ekonomi yang memberikan kecenderungan peningkatan kebutuhan air bersih. Kebutuhan air per orang per hari disesuaikan dengan standar yang biasa digunakan serta kriteria pelayanan berdasarkan pada kategori kotanya. Di dalamnya setiap kategori tertentu kebutuhan air per orang per hari berbeda-beda.

Untuk mengetahui kriteria perencanaan air bersih pada tiap-tiap kategori dapat dilihat pada Tabel 2.3.



Tabel 2.3 Kriteria Perencanaan Sektor Air Bersih

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
		< 1.000.000  Metro	500.000 S.D 1.000.000 Besar	100.000 S.D 500.000 Sedang	20.000 S.D 100.000 Kecil	<20.000  Desa
	1	2	3	4	5	6
1	Konsumsi Unit Sambungan	190	170	130	100	80
	Rumah (SR) Liter/Orang/Hari					
2	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU)	30	30	30	30	30
	Liter/Orang/Hari					
3	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Faktor Hari Maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
5	Faktor Jam Puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
6	Jumlah Jiwa Per SR	5	5	6	6	10
7	Jumlah Jiwa Per HU	100	100	100	100-200	200
8	Jam Operasi	24	24	24	24	24
9	Volume Reservoir (% Max Day Demand)	20	20	20	20	20
10	SR:HU	50:50:00 80:20:00	51:50:00 81:20:00	80:20:00	70:30:00	70:30:00
11	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	75

(Sumber : Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum)

## 2. Kebutuhan Air Non Domestik

Air non domestik adalah air yang digunakan untuk keperluan industri, pariwisata, tempat ibadah, tempat sosial serta tempat komersil dan umum lainnya. Kebutuhan air non domestik ditentukan oleh adanya konsumen non domestik, yang memanfaatkan fasilitas - fasilitas antara lain:

1. Perkantoran, tempat ibadah.
2. Prasarana pendidikan, prasarana kesehatan.
3. Komersial (pasar, pertokoan, penginapan, bioskop, rumah makan dll).
4. Industri.

Tabel 2.4 Kebutuhan Air Non Domestik

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	10	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	2.000	liter/hari
Masjid	3.000	liter/hari
Kantor	10	liter/pegawai/hari
Pasar	12.000	liter/hektar/hari
Hotel	150	liter/bed/hari
Rumah Makan	100	liter/tempat duduk/hari
Komplek Militer	60	liter/orang/hari
Kawasan Industri	0,2 - 0,8	liter/detik/hektar
Kawasan Pariwisata	0,1 - 0,3	liter/detik/hektar

(Sumber : Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum)

Tabel 2.5 Kebutuhan Air Non Domestik (PDAM)

Kategori Pemakai	Unit Pemakaian	Pemakaian Air (l/hari/unit)	Sumber Data
Bank	Bangunan	5.700	PDAM
Barak tentara	Orang	60	GKW <i>Consult</i>
Cucian Mobil	Bangunan	6.000	GKW <i>Consult</i>
Hotel	Tempat Tidur	140	GKW <i>Consult</i>
Industri	Luas	10.000	GKW <i>Consult</i>
Kantor	Pekerja	10	KIMPRASWIL : Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)
Pabrik	Bangunan	2.500	GKW <i>Consult</i>
Pasar	Luas	12.000	KIMPRASWIL : Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)
Restoran	Tempat duduk	100	KIMPRASWIL : Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)
Ruko	Bangunan	150	GKW <i>Consult</i>
Rumah Sakit	Tempat Tidur	200	GKW <i>Consult</i>
Salon	Bangunan	1.500	GKW <i>Consult</i>
Sekolah	Pelajar	10	KIMPRASWIL : Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)
Sport Center	Luas	12.000	GKW <i>Consult</i>
Supermaket	Bangunan	7.500	GKW <i>Consult</i>
Tempat Ibadah	Bangunan	2.000	KIMPRASWIL : Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)

(Sumber : PDAM Tirta Musi Chris Ingram 2004)

Kebutuhan air non domestik ditentukan dari besarnya kebutuhan air domestik. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Indra Kusuma Sari, Lily Montarcih dan Dwi Priyantoro besarnya kebutuhan air non domestik dibagi menjadi tiga kategori yaitu:

- 1) Kota besar :  $(30 - 45) \% \times \text{kebutuhan air domestik}$
- 2) Kota sedang :  $(20 - 30) \% \times \text{kebutuhan air domestik}$
- 3) Kota kecil :  $(10 - 20) \% \times \text{kebutuhan air domestik}$

Besarnya kebutuhan air non domestik menurut Pedoman Konstruksi dan Bangunan Departemen PU dibagi menjadi tiga kriteria berdasarkan jumlah penduduk. Kebutuhan air non domestik berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bangunan Departemen PU dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.6 Standar Kebutuhan Air Non Domestik

Kriteria (Jumlah Penduduk)	Jumlah Kebutuhan Air Domestik (% Kebutuhan Air Rumah Tangga)
> 500.000	40
100.000 - 500.000	35
< 100.000	25

(Sumber : Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Dep. PU)

### 2.6.3. Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan air

#### 1. Iklim

Kebutuhan air untuk mandi, menyiram tanaman, pengaturan udara dan sebagiannya akan lebih besar pada iklim yang hangat dan kering daripada iklim yang dingin.

#### 2. Ciri-ciri penduduk

Pemakaian air dipengaruhi oleh status ekonomi, pemakaian air di daerah pemukiman sederhana berbeda dengan daerah pemukiman yang mewah.

3. Industri dan Perdagangan

Jumlah Penggunaan air yang sebenarnya tergantung pada besarnya publik dan jenis industri.

4. Ukuran Kota

Penggunaan air perkapita pada masyarakat yang mempunyai jaringan limbah cenderung lebih tinggi dari kota besar, daripada kota-kota kecil.

## **2.7. Sistem Pendistribusian Air Bersih**

Sistem Pendistribusian air bersih adalah sistem langsung berhubungan dengan konsumen yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan. Sistem ini meliputi unsur sistem pemipaan dan perlengkapannya, hidran kebakaran, tekanan tersedia, sistem pemompaan, dan reservoir distribusi.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 tujuan pengoperasian unit distribusi ini untuk mengalirkan air hasil olahan keseluruhan jaringan distribusi sampai di semua unit pelayanan sesuai dengan standar pelayanan yang telah ditetapkan baik dari segi kuantitas, kualitas, dan kontinuitas.

Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Daerah layanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani, jumlah penduduk yang dilayani tergantung pada :
  - 1) Kebutuhan
  - 2) Kemauan/minat
  - 3) Kemampuan atau tingkat sosial ekonomi masyarakat
 Sehingga dalam satu daerah belum tentu semua penduduk terlayani.
2. Kebutuhan air debit adalah debit air yang harus disediakan untuk daerah pelayanan.
3. Letak topografi daerah layanan, yang akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai.

#### 4. Jenis sambungan sistem

Jenis sambungan dalam sistem distribusi air bersih dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu :

- 1) Sambungan langsung yaitu pelayanan air bersih, dimana tiap pelayanan dimasukkan ke dalam rumah sampai ke ke *plumbing Fixture*. Melayani untuk domestik (rumah tangga) non domestik (non rumah tangga).
- 2) Sambungan halaman yaitu jenis pelayanan air bersih dimana pipa pelayanan hanya diizinkan sampai di box meter. Melayani untuk domestik (rumah tangga).
- 3) Hidran umum yaitu jenis pelayanan pelanggan sistem air minum perpipaan atau non perpipaan dengan sambungan per kelompok pelanggan dan tingkat pelayanan hanya untuk memenuhi kebutuhan air minum, dengan cara pengambilan oleh masing-masing pelanggan ke pusat penampungan.
- 4) Terminal air adalah merupakan jenis pelayanan air bersih untuk daerah yang memerlukan air tapi tidak terjangkau oleh pipa distribusi.
- 5) Kran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada kelompok masyarakat tertentu, yang mempunyai minat tapi kurang mampu dalam membiayai penyambungan pipa ke masing-masing rumah. Biasanya 1 kran umum dipakai untuk melayani kurang lebih dari 20 orang

### 2.8. Metode Distribusi

Adalah suatu proses pendistribusian air ke konsumen dengan berbagai tujuan tergantung dari kondisi lainnya. Metode yang digunakan adalah :

#### 1. Metode gravitasi

Metode ini digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan air cukup besar, dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat di pertahankan.

## 2. Distribusi pompa dengan menggunakan *reservoir*

Metode ini merupakan metode yang cukup ekonomis, karena pemompaan tidak berlangsung secara terus menerus. Air yang di pompakan yang melebihi kebutuhan akan mengalir ke *reservoir*, jika kebutuhan air memuncak maka air yang berada didalam *reservoir* akan mengalir ke daerah konsumen atau daerah pelanggan.

## 2.9. Jenis-Jenis Jaringan Distribusi Air Bersih

Adapun jenis-jenis jaringan distribusi air bersih, yaitu :

### 1. Sistem Bercabang

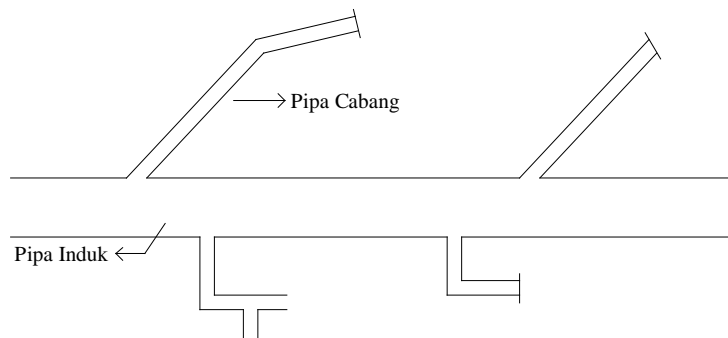
Pada sistem ini ujung pipa percabangan dari pipa utama biasanya tertutup sehingga menyebabkan tertutupnya kotoran yang mengganggu pendistribusian air. Sistem distribusi pipa bercabang dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Keuntungan sistem bercabang :

- 1) Sangat baik untuk areal menurun (pegunungan)
- 2) Cukup ekonomis karena jalurnya relative lebih pendek sehingga pipa yang dibutuhkan lebih sedikit.
- 3) Tekanan air cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengaliran air.
- 4) Mudah dalam operasi karena adanya titik mati kotoran yang terbawa selama pengaliran dapat dibuat pada titik akhir pengaliran.
- 5) Mudah dalam perbaikan, bila ada kerusakan pada satu titik tertentu untuk melakukan perbaikan cukup menutup aliran di titik di atasnya dan perbaikan dapat dilakukan.

Kerugian sistem bercabang :

- 1) Bila aliran terputus, misalnya karena ada kerusakan pada suatu titik otomatis titik yang ada di bawahnya akan terganggu selama perbaikan
- 2) Tidak bisa melayani peningkatan kebutuhan atau lonjakan kebutuhan air secara tiba-tiba karena tidak ada aliran dari daerah lain.



Gambar 2.1 Sistem Distribusi Pipa Bercabang

## 2. Sistem *Grid* (Petak)

Pada sistem ini ujung-ujung pipa cabang disambungkan satu sama lain, sistem ini lebih baik dari sistem pipa bercabang karena sirkulasinya lebih baik dan kecil kemungkinan aliran menjadi tertutup atau stagnasi.

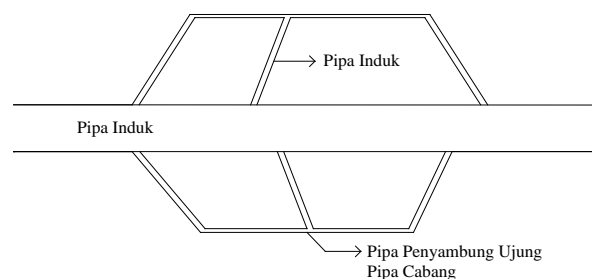
Sistem distribusi pipa *Grid* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Keuntungan sistem *grid* :

- 1) Sirkulasi airnya baik
- 2) Pipa sulit tersumbat apabila terdapat kotoran karena air didalam pipa terus mengalir dan selalu terjadi pergantian air sehingga sulit terjadi pengendapan.

Kerugian sistem *grid* :

- 1) Agak sulit dalam pelaksanaannya karena pada akhir sambungan terdapat dua sambungan yang saling terbalik arah ataupun membuka.
- 2) Tidak ekonomis karena banyak menggunakan sambungan seperti sambungan *elbow*, *tee*, dan sebagainya.

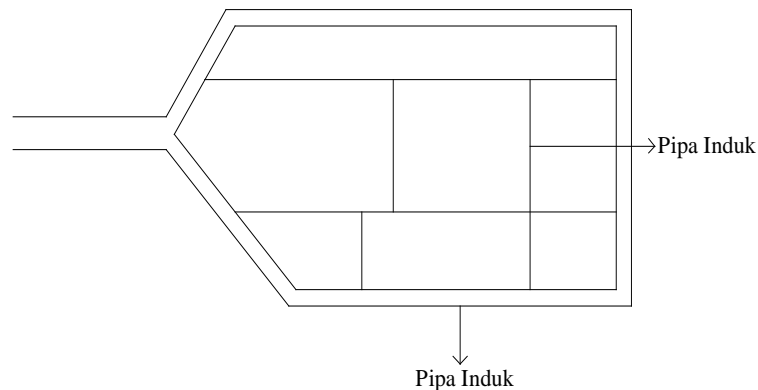
Gambar 2.2 Sistem Distribusi Pipa *Grid* (Petak)



### 3. Sistem Berbingkai (*Ring*)

Pada sistem ini pipa induknya melingkar dibandingkan sistem yang lain, sistem ini lebih baik dan bilamana ada kerusakan pada saat perbaikan maka distribusi air tidak terhenti.

Sistem distribusi pipa berbingkai dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sistem Distribusi Pipa Berbingkai (*Ring*)

Keuntungan sistem ini :

- 1) Tidak terjadi penghentian aliran pada saat perbaikan pipa yang bocor karena air masih dapat mengalir melalui pipa cabang yang lainnya.
- 2) Tidak terjadi penyumbatan pada pipa.

Kerugian sistem ini :

- 1) Agak sulit dalam pelaksanaannya, prinsipnya sama dengan sistem petak karena terdapat dua sambungan yang terbalik arah pada pipa yang paling luar atau pipa pembentuk lingkaran.
- 2) Tidak ekonomis karena jaringan sistem berbingkai untuk perumahan yang besar sehingga banyak menggunakan pipa dan sambungan-sambungan.

## 2.10. Jenis-Jenis Pipa dan Alat Sambung

### 2.10.1. Jenis pipa

Dalam merencanakan jaringan distribusi bahan yang sering digunakan adalah pipa. Pipa yang digunakan untuk mengalirkan air bersih dibagi dalam beberapa jenis, yaitu :

#### 1. Pipa Galvanis

Pipa ini terbuat dari campuran seng (Zn) dengan timah (Pb) dan pada bagian luar dilapisi dengan lapisan timah untuk mencegah karat.

#### 2. Pipa Baja

Pipa ini dibuat dengan dinding yang tipis sehingga menghasilkan pipa yang relatif ringan dan bermutu tinggi.

Kerugian dari pipa baja ini, yaitu :

- 1) Baja merupakan bahan yang mudah berkarat sehingga membutuhkan perlindungan yang menyeluruh.
- 2) Pipa mudah rusak pada saat pengangkutan.

#### 3. Pipa PVC (*Poly Vinyl Chloride*)

Pipa ini terbuat dari butir-butir *Poly Vinyl Chloride* yang dicampur dengan bahan tambah sampai dengan 6% dan dipanaskan.

#### 4. Pipa HDPE (*High Density Polyethylene*)

Pipa HDPE merupakan dengan daya bentur yang tinggi, sehingga pada luar dan dalam permukaan pipa. Dapat digunakan di daerah berbukit, rawan gempa, dan daerah rawa.

Kelebihan pipa HDPE:

- 1) Tahan terhadap retak, pipa HDPE terbuat dari bahan *polyetheline* yang memiliki sifat crack resistance yang tinggi.
- 2) Tahan terhadap bahan kimia, pipa HDPE memiliki daya tahan yang istimewa terhadap berbagai bahan kimia, baik dalam kondisi asam maupun basa kuat.
- 3) Tahan karat, ketahanan masa pakai pipa HDPE 100 memiliki daya tahan sampai dengan 50 tahun.

- 4) Tahan terhadap segala cuaca, pipa HDPE memiliki ketahanan terhadap cuaca yang ekstrim.
- 5) Tahan abrasi dan sedimentasi, karena sifat permukaan dalam pipa HDPE yang licin, sehingga tidak memungkinkan terjadinya abrasi dan sedimentasi.
- 6) Tahan terhadap suhu rendah, pipa HDPE memiliki brittleness point (titik rapuh) jauh dibawah 0 derajat selcius, karena itu tidak ada masalah dalam pemasangan/penggunaan di suhu rendah.
- 7) Memiliki bobot yang ringan, pipa HDPE memiliki bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan besi sehingga dalam proses transportasi lebih murah.
- 8) Tidak beracun dan aman digunakan untuk instalasi air bersih.

#### **2.10.2. Alat Sambung Pipa**

Penyambungan pipa atau aksesoris merupakan keterbatasan panjang dan pipa yang dijual dipasaran maka dalam pekerjaan suatu instansi kita tidak akan lepas dari penyambungan-penyambungan. Macam-macam alat sambung yang dapat digunakan dalam perencanaan jaringan pipa distribusi, antara lain ( PDAM Tirta Musi Palembang, 2004) :

1. *Tee*, berfungsi untuk menyambungkan jalur pipa distribusi pada persimpangan jalan.
2. *Elbow*, digunakan pada arah berbingkai atau lingkaran.
3. *Flange Socket*, berfungsi sebagai penyambung dua pipa yang berdiameter sama.
4. *Valve Flange*, berfungsi untuk mengatur aliran, menutup dan membuka aliran serta mengontrol tekanan aliran.
5. *Reducer RR*, berfungsi untuk menyambungkan pipa dari transmisi ke pipa distribusi atau untuk menyambungkan pipa yang lebih besar ke pipa yang lebih kecil.

6. *Single Air Valve*, berfungsi untuk membuang udara didalam pipa melalui jempatan pipa.
7. *Gilboul Joint*, berfungsi untuk menyambungkan pipa *existing* ke pipa yang baru terpasang.
8. *Dop*, berfungsi menutup aliran pada ujung pipa.
9. *Street Box*, berfungsi untuk penutup *valve* agar mempermudah membuka katup dan juga berfungsi sebagai titik pipa.
10. *Manometer*, berfungsi untuk mengukur tekanan pada pipa dengan satuan ATM atau Barr.
11. *Stop Kran*, berfungsi untuk mengatur aliran ( dipasang sebelum meteran ), dan dapat juga digunakan untuk menutup aliran pada saat perbaikan.
12. *Kran*, berfungsi untuk penutupan dan pengeluaran air pada pipa.
13. *Bend Flange 90°*, berfungsi untuk membelokkan arah aliran yang beradius besar atau 90° .
14. *Meteran air*, berfungsi untuk mencatat aor dari permukaan air yang dilakukan oleh PDAM.

## **2.11. Langkah–Langkah Perhitungan Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi**

### **2.11.1 Analisis pertumbuhan penduduk**

Untuk mengetahui perkiraan jumlah penduduk pada tahun-tahun mendatang digunakan beberapa metode antara lain metode geometrik, metode aritmatik, dan metode regresi eksponensial

#### **1. Metode Geometrik**

Metode yang didasarkan pada rasio pertambahan penduduk rata-rata tahunan. Sering digunakan untuk memperkirakan data yang perkembangannya melaju sangat cepat.

Rumus :

$P_n$	$= P_o (1+r)^n$	.....(2.3)
$r$	$= P_o (1+n)^{1n}$	.....(2.4)

Dimana:

- $P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke-n
- $P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun awal
- $r$  = Tingkat pertumbuhan penduduk
- $n$  = Jumlah interval waktu

## 2. Metode Aritmatika

Digunakan bila data berkala menunjukkan jumlah penambahan (*absolute number*) yang relatif sama setiap tahun. Hal ini terjadi pada kota dengan luas wilayah yang relatif kecil, tingkat pertumbuhan ekonomi kota rendah dan perkembangan kota yang tidak terlalu pesat.

Rumus :

$P_n = P_o + K_a (T_n - T_o)$		.....(2.5)
$K_a = (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1)$		.....(2.6)

Dimana :

- $P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke-n
- $P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun awal
- $T_n$  = Tahun ke-n (yang akan diproyeksikan)
- $T_o$  = Tahun awal
- $K_a$  = Konstanta
- $P_1$  = Jumlah penduduk pada tahun pertama yang diketahui
- $P_2$  = Tahun terakhir yang diketahui
- $T_1$  = Tahun pertama yang diketahui

$T_2$  = Tahun terakhir yang diketahui

### 3. Metode Regresi Eksponensial

Hampir sama dengan metode geometrik, perbedaannya pada metode ini menggunakan bilangan e.

Rumus :

$$P_n = P_o \times e^{B(T_o - T_n)} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$B = \frac{[\ln(P_2 \div P_1)]}{T_1 - T_2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

B = Konstanta

$P_o$  = Jumlah penduduk tahun pertama

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke-n

e = Bilangan eksponensial ( $e = 2,718281828$ )

$T_o$  = Tahun dasar

$T_n$  = Tahun ke-n

$P_1$  = Jumlah penduduk pada tahun pertama

$P_2$  = Jumlah penduduk pada tahun terakhir (kedua)

$T_1$  = Tahun pertama yang diketahui

$T_2$  = Tahun terakhir yang diketahui

#### 2.11.2. Uji korelasi

Untuk mengetahui metode mana yang paling tepat dalam memproyeksikan pertambahan penduduk, perlu dilakukan uji korelasi dengan mencari kecenderungan penduduk atau penyimpangan antara hasil proyeksi terhadap penyimpangan ideal sesuai dengan standar deviasi. Hasil yang terbaik adalah yang memberikan penyimpangan yang ideal yaitu angka yang terkecil. Perbandingan kecenderungan penduduk dengan metode aritmatika, geometrik, dan regresi eksponensial menggunakan rumus standar deviasi yaitu :

$$SD = \sqrt{\frac{(\sum \Delta P)^2 - \left(\sum \frac{\Delta P^2}{n}\right)}{n}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

SD = Standar Deviasi

P = Selisih jumlah penduduk diproyeksikan dengan jumlah penduduk sebelumnya.

n = Jumlah tahun

### 2.11.3. Perhitungan hidrolis

Perhitungan hidrolis untuk kehilangan tinggi tekan (*Head Loss*) akibat gesekan (Hgs) menggunakan persamaan Manning-Gauckler-Strickler, yaitu:

$$H_{gs} = \frac{v^2/l}{Kst^2 R^{3/4}} = H_{gs} = \frac{v^2.l . 4^{3/4}}{Kst.D^{3/4}} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2} \longrightarrow v^2 = \frac{16Q^2}{\pi^2 d^4} \pi r^2 \dots\dots\dots (2.11)$$

$$H_{gs} = \frac{16Q^2/4}{\pi^2 Kst^2 . D^{3/4}} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$H_{gs} = \frac{101,61}{\pi^2 Kst^2 D^{3/4} d^4} * Q^n \text{ karena, } H_{gs} = K.Q^n \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{Maka } K = \frac{101,61}{\pi^2 Kst^2 d^{16/3}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

I = Panjang Pipa

Kst = Koefisien kekasaran strickler saluran

D€ = Diameter pipa

Kst = 1/n, dimana n merupakan konstanta numerik

### 2.11.4. Dimensi Pipa

Di dalam perencanaan suatu jaringan pipa distribusi, dimensi pipa sangat diperlukan agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan dalam suatu perencanaan, rumus yang dipergunakan pada dimensi pipa ini adalah

$$Q = v.A \dots\dots\dots (2.15)$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \dots\dots\dots(2.16)$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{v\pi}} \dots\dots\dots(2.17)$$

$v\pi$

Dimana :

- Q           = debit pengaliran (m<sup>3</sup>/detik)  
v           = kecepatan pengaliran (m/detik)  
A           = Luas penampang (m<sup>2</sup>)  
d           = Diameter (m)

### 2.11.5. Hilang Tinggi Tekanan

Kehilangan energi ini dapat berakibat pada semakin kecilnya nilai tinggi tekan atau kecepatan yang berkurang yang berakibat pada semakin kecilnya debit. Pada penerapan praktis, kehilangan energi lebih sering disebut dengan kehilangan tinggi tekan air, kehilangan tinggi tekan sendiri dapat disebabkan oleh karena beberapa factor yang secara umum dibagi atas kehilangan tinggi karena tahanan oleh permukaan pipa (*hf*) dan karena tahanan oleh karna bentuk pipa (Dua, 2009).

Tekanan terhadap aliran dalam pipa yang menyebabkan hilang tinggi tekanan, tidak hanya disebabkan oleh panjang pipa akan tetapi juga oleh perlengkapan pipa seperti lengkung dan katup yang menyerap energi dengan menimbulkan turbulensi yang relative besar. Persoalan aliran dalam pipa hanya mencakup masalah pipa yang penuh dialiri cairan. Hilang tinggi tekanan di klasifikasikan sebagai berikut :

#### 1. Hilang Tinggi Tekanan Besar

Dalam aliran pipa, hilang tinggi tekanan besar terutama adalah hilang tinggi tekanan akibat gesekan dan dinyatakan dengan Hgs.

##### 1) Persamaan Darcy-Weisbach

$$H_{gs} = \gamma \cdot \frac{l \cdot v^2}{d \cdot 2g} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

- Hgs       = Hilang tinggi tekanan karena gesekan (m)



$\lambda$  = Koefisien gesekan Darcy (faktor gesekan)

$l$  = Panjang pipa (m)

$v$  = Kecepatan aliran (m/det)

$d$  = Diameter pipa (m)

$g$  = Percepatan karena gaya tarik bumi (m/det<sup>2</sup>)

## 2) Persamaan Manning-Gauckler-Strickler

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l}{K_{st}^2 \cdot R^{3/4}} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$Q = v \cdot A \longrightarrow v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

$Q$  = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/det)

$K_{st}$  = Koefisien gesekan pipa Strickler

$l$  = Panjang pipa (m)

$d$  = Diameter (m)

$n$  = Konstanta Numerik

$H_{gs}$  = Kehilangan tinggi tekanan (m)

$v$  = Kecepatan aliran (m/det)

$R$  = Radius hidrolik

Tabel 2.7 Nilai Koefisien Manning

No.	Jenis (Material Pipa)	Nilai n
1	Asbestos Cement Pipe (ACP)	0,011
2	Tembaga	0,011
3	Pipa Beton	0,011
4	Besi Tuang	0,012
5	Galvanized Iron Pipe (GIP)	0,012
6	Pipa Besi	0,012
7	Welded Steel Pipe	0,010
8	Riveted Steel Pipe	0,019
9	PVC	0,010
10	HDPE	0,010

(Sumber: Ir. Martin Dharmasetiawan, 2004 )

## 2. Hilang Tinggi Tekanan Kecil

Dalam suatu pipa hilang tinggi tekanan sering diabaikan karena tidak menyebabkan kesalahan yang terlalu banyak pada perhitungan. Persamaan dasar untuk menghitung hilang tinggi tekanan kecil adalah menggunakan cara Bernoulli:

$$hL = C \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

$hL$  = Hilang tinggi tekanan kecil (m)

$C$  = Koefisien hilang tinggi tekanan

$v$  = Kecepatan aliran fluida (m/dt<sup>2</sup>)

$g$  = Gravitasi (m/dt)

Hilang tinggi tekanan kecil disebabkan oleh :

- 1) Pembesaran tiba-tiba dan penyempitan tiba-tiba

$$hL = C \cdot l - \frac{A_2}{A_1} \dots\dots\dots (2.22)$$

Nilai  $C$  untuk pembesaran tiba-tiba adalah 1,0-1,2 sedangkan nilai  $C$  untuk penyempitan tiba-tiba adalah 0,4-0,5.

Keterangan :

$A_1$  = Luas pipa awal (m<sup>2</sup>)

$A_2$  = Luas pipa akhir (m<sup>2</sup>)

- 2) Perubahan arah / tikungan pipa

- 3) Pipa Bercabang

Koefisien hilang tinggi tekanan karena percabangan dengan sudut tajam dan diameter tajam  $d = da$ .

Untuk sistem jaringan melingkar, dalam menentukan hilang tinggi tekanan dapat menggunakan *Hardy Cross* yang terdiri dari beberapa langkah, yaitu :

1. Menghitung hilang tinggi tekanan ( $H_{gs}$ ) di tiap pipa dengan menggunakan persamaan :

$$H_{gs} = K \times Q^2 \dots\dots\dots (2.23)$$

$$K = \frac{101,61}{\pi^2 \cdot Kst^2 \cdot d^{16/3}} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

K = Koefisien hilang tekanan

Q = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/det)

l = Panjang pipa (m)

d = Diameter pipa (m)

2. Membagi jaringan menjadi beberapa keliling pipa tertutup sehingga tiap pipa termasuk dalam sedikitnya satu keliling.
3. Hitung jumlah aljabar dari hilang tinggi tekanan dalam tiap keliling ( $\sum H_{gs}$ ) dengan mengambil konvensi tanda yang baik. Hanya jika pembagian aliran yang dimasukkan itu kebetulan benar,  $\sum H_{gs}$  tidak sama dengan nol maka debit yang dimasukkan tersebut harus dikoreksi kembali.
4. Perbaiki debit dengan menggunakan koreksi  $\Delta Q$  yang diperoleh sebagai berikut :

$$Q = Q_0 + \Delta Q \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

$$\Delta Q = \text{Koreksi debit (m}^3 \text{ / dtk)} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$\text{sehingga } H_{gs} = K \cdot Q^2 = K (Q_0 + \Delta Q) \dots\dots\dots (2.27)$$

Untuk keliling pipa yang tertutup maka  $\Delta Q$  adalah sebagai berikut :

$$\Delta Q = \frac{\sum k \cdot Q_0^2}{2 \sum k \cdot Q_0} \dots\dots\dots (2.28)$$

5. Ulangi terus sampai koreksi debitnya menjadi kecil atau mendekati nol.

#### 2.11.6. Debit penyadapan

Debit penyadapan untuk satu sambungan rumah atau fasilitas untuk per detiknya dapat dihitung secara :

$$Q = \frac{\text{Kebutuhan/orang/hari} \times \text{jumlah orang}}{\text{waktu pemakaian rata-rata/hari}} \dots\dots\dots (2.29)$$

### 2.11.7. Debit pelayanan

Untuk menghitung debit pelayanan pada suatu daerah yang direncanakan dapat dihitung dengan cara :

Debit pelayanan untuk sambungan rumah (Q non domestik)

$$= \sum \text{sambungan rumah} \times \text{debit penyadapan 1 sambungan rumah} \dots (2.30)$$

Debit pelayanan untuk fasilitas umum (Q non domestik)

$$= \sum \text{fasilitas umum} \times \text{debit penyadapan 1 fasilitas umum} \dots\dots\dots(2.31)$$

Total debit pelayanan

$$Q \text{ total} = Q \text{ domestik} + Q \text{ non domestik} \dots\dots\dots(2.32)$$

### 2.11.8. *Network Planning* (NWP)

*Network Planning* merupakan suatu cara atau teknik baru didalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Disamping itu *Network Planning* juga merupakan salah satu bentuk yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek. Proyek yang dihasilkan dari *Network Planning* ini dalam kegiatan-kegiatan yang ada dalam proyek.

*Network Planning* memiliki beberapa tipe, yaitu sebagai berikut :

1. *Preseden/PDM (precedence Diagram Method)*.
2. *Metode Jalur Kritis/Critical Path Method (CPM)*.
3. *Diagram Evaluation and review Technique (PERT)*.
4. *Grafiz Evaluation and Review Technique (GERT)*.

Adapun dalam penggunaan *Network Planning* pada penyelenggaraan proyek diperlukan :

1. Masukan informasi yang tetap.
2. Kemampuan yang tinggi untuk mengambil keputusan.
3. Sumber daya dalam keadaan siap pakai
4. Kemampuan untuk melaksanakan proses pengelolaan sumber daya.

Kegunaan dari *Network Planning* adalah :

1. Mengkoodinasikan berbagai pekerjaan.

2. Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya.

3. Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri

Proses penyusunan *Network Planning* yaitu :

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek.
2. Menyusun hubungan logika ketergantungan antar kegiatan.
3. Memberikan perkiraan waktu untuk setiap kegiatan.
4. Mengidentifikasi jalur kritis dan float (masa tenggang)
5. Menentukan jadwal yang paling ekonomis dan menimbulkan fruktifikasi pemakaian sumber daya.

Langkah-langkah penting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *Network Planning*, yaitu :

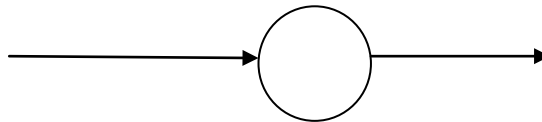
1. Tentukan jenis dan kegiatan yang ada.
2. Urutan-urutan jenis kegiatan tersebut.
3. Kaitan jenis kegiatan yang mempunyai kaitan hubungan.
4. Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis kegiatan.
5. Buat daftar kegiatan (logika ketergantungan).
6. Buat NWP nya.

#### **2.11.9 Critical Path Method (CPM)**

Metode jalur kritis (*Critical Path Method*) adalah jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai dengan kegiatan terakhir. Pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian keseluruhan proyek, yang disebut dengan kritis (Widiasanti dan Lenggogeni, 2013:65)

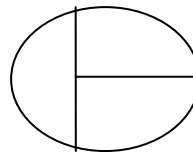
Simbol-simbol CPM :

1. *Arrow* (panah, anak panah)
  - a. Dari kiri ke kanan.
  - b. Hanya menunjukkan arah.
  - c. Menunjukkan kegiatan.



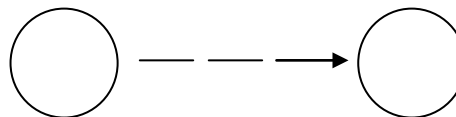
Gambar 2.4 *Arrow*

2. *Node* (lingkaran kecil)
  - a. Menunjukkan *Event* (kejadian).
  - b. *Node* adalah pehubung antara kegiatan.



Gambar 2.5 *Node*

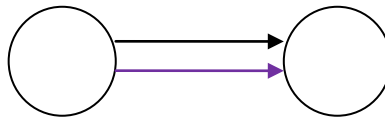
3. Kegiatan Semu (dummy).
  - a. Kegiatan apa yang mengikuti.
  - b. Kegiatan apa yang mendahului.
  - c. Kegiatan apa yang berjalan bersamaan.
  - d. Kegiatan apa yang selesai bersamaan.



Gambar 2.6 *Dummy*

#### 4. Jalur Kritis

- a. Kegiatan yang jika ditunda akan menyebabkan tertundanya proyek secara keseluruhan.
- b. Penyelesaian proyek secara keseluruhan akan dapat dipercepat apabila pekerjaan-pekerjaan yang menjadi bagian dari luar jalur kritis dapat dipercepat penyelesaiannya.
- c. Jalur yang memiliki waktu terpanjang dari semua jalur yang dimulai dari peristiwa awal hingga peristiwa yang terakhir.



Gambar 2.7 Jalur Kritis

#### 2.11.10 Barchart

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah *barchart* atau diagram batang atau bagan balok. *Barchart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal di bagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. Perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya (Widiasanti dan Lenggogeni dalam Callahan, 2013:77).

#### 2.11.11 Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dari *barchart*, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka pengamatan proses pelaksanaan proyek (Widiasanti dan Lenggogeni dalam Callahan, 2013:125). Definisi lain kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertikal sebagai

nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (*progres*) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu (Widiasanti dan Lenggogeni dalam Soeharto, 2013:125). Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana (Widiasanti dan Lenggogeni dalam Husen, 2013:126).

Dari beberapa definisi di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa kegunaan dari kurva S adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis kemajuan/progres suatu proyek secara keseluruhan,
2. Untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek.

Untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S aktual.

#### **2.11.12 Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Perkiraan jumlah material dan kebutuhan tenaga dalam proses pekerjaan bangunan memegang peranan cukup penting untuk control kualitas dan kuantitas pekerjaan memperkirakan jumlah material merupakan pekerjaan yang cukup sulit.

Analisa harga satuan pekerjaan berfungsi sebagai pedoman awal perhitungan rencana anggaran biaya bangunan yang didalamnya terdapat angka yang menunjukkan jumlah material, tenaga dan biaya persatuan pekerjaan, contohnya :

1. Pekerjaan plesteran – satuan pekerjaan  $m^2$
2. Pekerjaan pasangan batu bata – satuan pekerjaan  $m^2$
3. Pekerjaan pasangan pondasi batu kali – satuan pekerjaan  $m^3$
4. Pekerjaan cat – satuan pekerjaan  $m^2$
5. Pekerjaan rangka atap – satuan pekerjaan  $m^3$
6. Pekerjaan reng usuk – satuan pekerjaan  $m^2$
7. Pekerjaan genteng – satuan pekerjaan  $m^2$
8. Pekerjaan plafon – satuan pekerjaan  $m^2$



9. Pekerjaan lantai keramik – satuan pekerjaan  $m^2$
10. Pekerjaan beton struktur – satuan pekerjaan  $m^3$
11. Pekerjaan kusen – satuan pekerjaan  $m^3$

Daftar diatas adalah contoh satuan pekerjaan yang biasa dipakai dalam pekerjaan gedung (bisa diperoleh pada analisa SNI).

### 2.11.13 Volume Pekerjaan

Yang dimaksud dengan volume suatu pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Volume (kubikasi) yang dimaksud dalam pengertian ini bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan.

Berikut ini diberikan beberapa contoh sebagai berikut :

- a. Volume pekerjaan pondasi batu kali =  $60 m^3$ ., mempunyai pengertian bahwa, volume pekerjaan pondasi dihitung berdasarkan isi, yaitu panjang x luas penampang yang sama.
- b. Volume pekerjaan atap =  $124 m^2$ ., mempunyai pengertian bahwa, volume pekerjaan atap dihitung berdasarkan luas, yaitu luas bidang atap yang dapat berbentuk segitigas, persegi panjang, trapezium dan lain-lain.
- c. Volume pekerjaan lisplank = 27 m, volume pekerjaan lisplank dihitung berdasarkan panjang, atau pekerjaan lisplank dapat juga dihitung berdasarkan luas.
- d. Volume pekerjaan besi = 258 kg, volume pekerjaan besi dihitung berdasarkan berat dari besi, yaitu jumlah panjang tulangan dikalikan dengan berat jenis besi yang bersangkutan.
- e. Volume pekerjaan kunci tanam = 15 buah, volume pekerjaan berdasarkan banyaknya kunci dan lain-lain.

Dari contoh diatas dapat diketahui bahwa satuan masing-masing volume pekerjaan berbeda, volume pekerjaan pondasi  $60 m^3$ , volume pekerjaan atap  $124 m^2$ , volume pekerjaan lisplank 27 m, volume pekerjaan besi 258 kg dan volume

pekerjaan kunci tanam 15 buah, ini menunjukkan bahwa volume tersebut bukanlah volume dalam arti sesungguhnya melainkan volume dalam satuan, kecuali volume pekerjaan pondasi yang merupakan volume sesungguhnya.

Volume pekerjaan itu dihitung berdasarkan pada gambar bestek dari bangunan yang akan dibuat. Semua bagian/elemen konstruksi yang ada pada gambar bestek harus dihitung secara lengkap dan teliti untuk mendapatkan perhitungan volume pekerjaan secara akurat dan lengkap.

Gambar-gambar bestek itu kita perhatikan dan teliti benar-benar ukurannya. Kita mulai menghitung volume tiap pekerjaan sesuai dengan susunan pekerjaan. Untuk mendapatkan perhitungan volume pekerjaan yang teliti dan lengkap yang harus diperhatikan adalah :

a. Denah

Yang diperhatikan adalah ukuran-ukuran panjang dan lebarnya, bentuk dari masing-masing bagian gambar denah secara teliti dan mendetail.

b. Penampang-penampang/potongan-potongan

Yang diperhatikan adalah ukuran-ukuran panjang dan lebarnya, bentuk penampang dan ukurannya dan tinggi dari masing-masing detail penampang/potongan secara teliti dan mendetail.

c. Pandangan-pandangan

Yang diperhatikan adalah bidang-bidang mana yang terletak dimuka dan dibelakang serta penjelasan keadaannya secara teliti dan mendetail.

d. Gambar-gambar rencana dan penjelasan (detail)

Dari gambar rencana ini dan penjelasan (detail) kita dapat membaca rencana dari elemen/bagian konstruksi, kelengkapan dan ukuran-ukuran dengan lebih detail dan jelas sehingga dapat kemudahan tingkat pekerjaannya.

e. Gambar situasi

Untuk menjelaskan / menunjukkan keadaan sekitar tempat dimana bangunan tersebut didirikan.

Segala sesuatunya sudah ada dan lengkap, namun ada sesuatu yang kurang jelas/belum bisa dimengerti misalnya bahan yang digunakan, kualitas bahannya, bagaimana cara mendapatkann bahan (bahan produk luar negeri), maka perlu ditanyakan kejelasannya pada saat diadakan aanwijzing kepada direksi.